

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



**Europäisches  
Patentamt**

**European  
Patent Office**

**Office européen  
des brevets**

**Bescheinigung**

**Certificate**

**Attestation**

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

**Patentanmeldung Nr.    Patent application No.    Demande de brevet n°**

02425219.9

Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

**R C van Dijk**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

Office européen  
des brevets

**Blatt 2 der Bescheinigung  
Sheet 2 of the certificate  
Page 2 de l'attestation**

Anmeldung Nr.:  
Application no.: 02425219.9  
Demande n°:

Anmeldetag:  
Date of filing: 09/04/02  
Date de dépôt:

Anmelder:  
Applicant(s):  
Demandeur(s):  
STMicroelectronics S.r.l.  
20041 Agrate Brianza (Milano)  
ITALY

Bezeichnung der Erfindung:  
Title of the invention:  
Titre de l'invention:

Process and device for global motion estimation in a sequence of images, for instance for optical mice

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s) revendiquée(s)

Staat:  
State:  
Pays:

Tag:  
Date:  
Date:

Aktenzeichen:  
File no.  
Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation:  
International Patent classification:  
Classification internationale des brevets:  
G06T7/20, H04N5/14, H04N7/26

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten:  
Contracting states designated at date of filing:  
Etats contractants désignés lors du dépôt:

AT/BE/CH/CY/DE/DK/ES/FI/FR/GB/GR/IE/IT/LI/LU/MC/NL/PT/SE/TR

Bemerkungen:  
Remarks:  
Remarques:

See for the original title of the application, page 1 of the description..

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

"Procedimento e dispositivo per la stima del moto globale in una sequenza di immagini ad esempio per mouse ottici e relativo prodotto informatico"

\* \* \*

5        Campo dell'invenzione

La presente invenzione si riferisce alla stima del moto globale in una sequenza di immagini.

10        L'invenzione è stata messa a punto in vista della possibile applicazione in mouse di nuova generazione, suscettibili di utilizzare per rilevare il moto imposto dall'utente, in luogo della palla o sfera presente nei mouse attuali, un sensore video o altro tipo di sensore atto a fornire in uscita un array di valori digitali codificati su N bit, ad esempio sensori capacitivi  
15        utilizzati nei touch-chip per rilevazione di impronte digitali, oppure in telefoni di nuova generazione o cosiddetti portable digital assistant (PDA), o ancora in penne ottiche per scrittura elettronica e applicazioni similari.

20        In questo contesto è necessario elaborare le frame video fornite in uscita da un sensore video (telecamera) e ricavare le stesse il movimento imposto dall'utente all'oggetto (mouse, penne, etc.) su cui il sensore è montato.

25        In tali condizioni il sensore cattura infatti immagini in movimento della superficie su cui si muove. Tale moto può essere ricostruito dalle posizioni relative delle immagini successive campionate dal sensore stesso. Una volta identificato il movimento  
30        relativo tra due immagini da questo è possibile dedurre lo spostamento da imporre al puntatore sullo schermo nel caso di mouse ottici. La stessa informazione può essere ovviamente utilizzata in modo diverso per altre applicazioni quali quelle a cui si è fatto riferimento  
35        in precedenza.

Descrizione della tecnica nota

Per applicazioni del tipo sopra descritto (ad esempio per mouse ottici) è noto ricorrere ad algoritmi complessi di correlazione di fase fra le immagini e/o  
5 di rivelazione dei bordi (edge detection). Si tratta in ogni caso di soluzioni caratterizzate da un'elevata intensità computazionale.

Scopi e sintesi della presente invenzione

La presente invenzione si prefigge pertanto lo  
10 scopo di fornire una soluzione per la stima del moto globale in una sequenza di immagini in grado di dare origine ad un'intensità computazionale, e dunque ad una complessità circuitale, di gran lunga inferiore rispetto alle soluzioni note a cui si è fatto cenno in  
15 precedenza.

Secondo la presente invenzione, tale scopo viene raggiunto grazie ad un procedimento avente le caratteristiche richiamate in modo specifico nelle rivendicazioni che seguono.

20 L'invenzione riguarda anche il relativo sistema, nonché il corrispondente prodotto informatico, ossia il prodotto direttamente caricabile nella memoria interna di un elaboratore digitale e comprendente porzioni di codice software suscettibili di realizzare il  
25 procedimento secondo l'invenzione quando il prodotto informatico viene eseguito su un elaboratore digitale.

La soluzione secondo l'invenzione prende spunto concettuale dalla stima del moto ricorsiva già utilizzata in contesti di codifica di segnali video  
30 digitali così come documentato nelle domande di brevetto europeo EP-A-0 917 363 ed EP-A-0 944 245, entrambe di titolarità della stessa Richiedente.

La soluzione secondo l'invenzione si differenzia però in modo sostanziale da tali soluzioni sviluppate  
35 in ambito di codifica di segnali video digitali per il



diverso ambito applicativo e per la conseguente  
necessità di pervenire ad una riformulazione  
complessiva del procedimento. Analoghe considerazioni  
valgono anche facendo riferimento all'algoritmo di  
5 stima del moto noto come algoritmo Full-Search.

Nella forma di attuazione al momento preferita, la  
soluzione secondo l'invenzione prevede di realizzare  
una stima globale del moto in una flusso consecutivo di  
immagini rilevate ad esempio da una fotocamera. Questo  
10 risultato è ottenuto di preferenza tramite tecniche di  
stima del moto di tipo ricorsivo basate  
sull'adattamento dei blocchi di matching con l'impiego  
di un algoritmo di stima di tipo adattativo. In  
particolare, si realizza la prova di una pluralità di  
15 vettori ottenuti tramite la combinazione lineare di  
vettori derivanti dalle precedenti stime e di vettori  
costanti, combinando quindi in modo lineare risultati  
di stima parziale e vettori costanti. Ciascuna prova  
viene realizzata impiegando una funzione di costo,  
20 quale - come esempio non limitativo - la funzione MAE  
(acronimo per Mean Absolute Error, ossia errore  
assoluto medio) applicata ad una forma definita in modo  
dinamico nell'ambito delle frame corrente e di  
predizione. Le frame di predizione possono essere  
25 selezionate in modo adattativo come una o più delle  
frame che precedono la frame corrente.

Come già si è detto, tipici esempi di possibile  
applicazione della soluzione secondo l'invenzione sono  
i mouse digitali, mouse integrati in telefoni cellulari  
30 ovvero in cosiddetti portable digital assistant (PDA)  
penne ottiche per la rilevazione della scrittura.

#### Breve descrizione dei disegni annessi

L'invenzione verrà ora descritta, a puro titolo di  
esempio non limitativo, con riferimento ai disegni  
35 annessi, nei quali:

- la Figura 1 è uno schema che illustra sinteticamente il meccanismo di stima del moto adottato in una soluzione secondo l'invenzione,

- la Figura 2 illustra alcuni esempi di frame e di relative funzioni di adattamento suscettibili di essere utilizzate nell'ambito della presente invenzione,

- la Figura 3 illustra in maggior dettaglio lo schema generale di funzionamento della soluzione secondo l'invenzione,

10       - le Figure 4, 5 e 6 illustrano alcuni esempi, peraltro non esaustivi, di maschere di adattamento utilizzabili nell'ambito della soluzione secondo l'invenzione,

15       - la Figura 7 illustra l'attuazione della soluzione secondo l'invenzione sulla base di una tipica rappresentazione vettoriale, e

- la Figura 8 è un diagramma di flusso illustrativo dell'attuazione dell'invenzione.

20       Descrizione particolareggiata di un esempio di attuazione dell'invenzione

La stima del moto qui considerata (ad esempio per un mouse ottico) deve risolvere il problema di stimare il flusso di moto globale insito in una sequenza di immagini consecutive.

25       Ogni frame è in generale composta da pochi pixel (ad esempio 20x20 pixel) ma la cosiddetta frame rate è molto elevata (ad esempio 9600 frame/sec) per poter cogliere movimenti repentini.

30       Naturalmente, i suddetti valori di dimensioni di frame e di frequenza/velocità di frame hanno carattere puramente identificativo ed hanno unicamente lo scopo di fissare le idee per una migliore comprensione della descrizione che segue. E' comunque evidente che la soluzione secondo l'invenzione è applicabile anche in

presenza di dimensioni e frequenze di frame affatto diverse.

In sostanza, la soluzione secondo l'invenzione si fonda sulle stesse assunzioni poste alla base delle  
5 soluzioni descritte nelle domande di brevetto europeo EP-A-0 917 363 ed EP-A-0 944 245 già citate in precedenza, e cioè che esiste una forte correlazione fra stime fra di loro "adiacenti", insieme ad una "linearizzabilità" del moto globale dato all'alto  
10 numero di frame al secondo.

In termini generali, con riferimento allo schema della figura 1, il riferimento M indica, a puro titolo di esempio, un mouse associato ad un personal computer PC.

15 Invece di svolgere la funzione di rilevazione del moto imposto al mouse dall'utilizzatore andando a rilevare - così come avviene nelle soluzioni tradizionali - i movimenti impartiti alla sfera o palla del mouse per effetto del movimento dello stesso sul  
20 piano su cui appoggia, è possibile sfruttare - sempre per gli stessi fini - l'informazione di immagine fornita da un sensore di immagine - si può pensare tipicamente ad una telecamera del tipo webcam - montato sul mouse M e indicata in generale con C. Il segnale di  
25 immagine generato dalla camera C (e suscettibile di corrispondere ad una qualunque immagine rilevata nell'ambiente circostante) viene inviato dal mouse M verso il personal computer PC all'interno del quale vengono svolte di preferenza le funzioni di  
30 elaborazione descritte nel seguito. Alternativamente il processamento delle immagini può essere fatto direttamente nel mouse tramite circuiteria dedicata, mandando al PC solo le informazioni del movimento stimato. Si apprezzerà che il sensore C può essere  
35 configurato in modo tale da fornire già direttamente in

uscita immagini in formato digitale destinate ad essere convogliate verso il personal computer PC attraverso un qualunque collegamento (qui esemplificato sotto forma di un cavo W) esistente tra il mouse M del personal computer PC. Il sensore C puo' anche essere non una telecamera, ma un qualunque altro sensore basato anche su diversi principi fisici ma atto a fornire in uscita un array, ad esempio 20x20, di valori a N bit, utilizzabili come frames.

Così come già si è detto l'applicazione alla rilevazione del movimento di un mouse costituisce solo una delle numerose possibili applicazioni della soluzione secondo l'invenzione. Per altri esempi - che si rammentano essere tali - di possibile applicazione della soluzione secondo l'invenzione si può far riferimento alla parte introduttiva della presente descrizione.

Tornando comunque all'esempio del mouse M fatto in figura 1, i movimenti impartiti al mouse M stesso dall'utilizzatore fanno sì che il sensore C rilevi e generi una sequenza di immagini video digitali tipicamente organizzate in trame o frame, questa terminologia essendo evidentemente desunta dalla tecnica di elaborazione dei segnali televisivi.

La stima del movimento (relativo) delle suddette frame rilevate dal sensore C può essere convertita (secondo criteri per sé noti e dunque tali da non richiedere una descrizione particolareggiata in questa sede) in una stima del movimento del sensore C e, dunque, del mouse M nel suo complesso.

In particolare, nella soluzione secondo l'invenzione si eseguono, a partire dal segnale video generato dal sensore C, stime di frame campionate dal sensore C stesso. Ogni frame è stimata rispetto ad una o più frame precedenti, ad esempio (ma non

necessariamente) rispetto a quella immediatamente precedente.

Ogni vettore è quindi esprimibile in coordinate con precisione a frazione di pixel, in funzione  
5 dell'implementazione ed a seconda della precisione di stima che si vuole ottenere.

Per fissare le idee, senza che ciò abbia però carattere limitativo della portata dell'invenzione, si può pensare ad una precisione di stima di un quarto di  
10 pixel.

I pixel a precisione non intera possono essere ricavati tramite tecniche standard di interpolazione note nella tecnica, ad esempio tramite una semplice interpolazione lineare bidimensionale.

15 Sulla base delle esperienze sinora condotte dalla Richiedente, la precisione di un quarto di pixel viene considerata, come sufficientemente accurata per le applicazioni prospettate. Altri tipi di precisione possono essere ad esempio a mezzo pixel o a ottavo di  
20 pixel.

Per ogni stima di una frame rispetto ad un'altra si realizza la procedura rappresentata dal diagramma di flusso della figura 8.

I vettori di partenza sono costruiti, in modo  
25 noto, tale da non richiedere una descrizione particolareggiata in questa sede, a partire dagli ultimi K vettori risultanti vincitori. In pratica si tengono in una memoria FIFO (First In First Out) gli ultimi K vincitori, e si applicano le combinazioni  
30 lineari sotto esposte (ad esempio, accelerazione costante, si prende l'ultimo vincitore e gli si somma la differenza tra l'ultimo e il penultimo vincitore)

A partire da un passo di inizio indicato con 100, in un passo 102 il segnale video digitale viene  
35 analizzato analizzando una serie (consistente di numero

variabile di lettori da 0 a N) di vettori provenienti da combinazioni lineari di vettori risultanti da stime di frame precedenti (cosiddetti vettori SEED) e/o vettori costanti. La serie viene sottoposta a selezione  
5 per ricavare quale sia il vettore migliore per stimare il moto realmente intercorso fra le due frame.

Ad esempio, detto  $V(t)$  un vettore stimato per indicare il moto fra la frame  $t$  e la frame  $t-1$ , alcuni esempi (non esaustivi) di quali possano essere tali  
10 vettori SEED sono riportati nel seguito - naturalmente con riferimento alla stima del movimento della frame  $T_0$  (vedere anche la figura 1):

- vettore a velocità costante, ultimo:  $V(T_0-1)$ ,
- vettore a velocità costante, penultimo:  $V(T_0-2)$ ,
- 15 - vettore a velocità costante, terzultimo:  $V(T_0-3)$ ,
- vettore ad accelerazione costante:  $V(T_0-1) + (V(T_0-1) - V(T_0-2))$ ,
- vettore ad accelerazione opposta:  $V(T_0-1) -$   
20  $(V(T_0-1) - V(T_0-2))$ ,
- vettore nullo: vettore  $(0,0)$ ,
- vettore accelerazione circolare, primo:  $V(T_0-1) + \delta$ , dove  $\delta$  è un vettore di modulo unitario a direzione ortogonale a  $V(T_0-1)$ : si veda la figura 1, e
- 25 - vettore di accelerazione circolare, secondo:  $V(T_0-1) - \delta$ : si veda sempre la figura 1.

Va notato esplicitamente che il numero di identità dei singoli vettori SEED può variare dinamicamente nel corso del tempo in seguito a misure relative alle  
30 condizioni operative (moto stimato nullo, lento, veloce, ecc.).

Si apprezzerà che in numerose fra le applicazioni richiamate in precedenza (valga per tutti l'esempio dell'applicazione ai mouse per computer), il moto  
35 stimato nullo può assumere un ruolo rilevante, dal

momento che esso corrisponde a tutte le condizioni in cui il mouse M non viene azionato dall'utilizzatore.

Nel seguito - si faccia ancora una volta riferimento al diagramma di flusso della figura 8 -  
5 ognuno dei suddetti vettori viene sottoposto a prova nel modo seguente.

In un passo indicato con 104 si sovrappongono (idealmente) le due frame da confrontare, sfalsandole in direzione orizzontale e verticale delle quantità  
10 descritte dal vettore di moto. Si applica quindi una griglia selettiva di pixel da testare, e su tutti i pixel selezionati dalla griglia si calcola, in un passo 106 la funzione costo per determinare la bontà del predittore. Come funzione di costo si può utilizzare  
15 (ad esempio, senza che tale indicazione debba essere interpretata come limitativa della portata dell'invenzione) la funzione di valore medio assoluto MAE.

In particolare, nello schema della figura 2 sono  
20 rappresentate in alto le frame di rango  $T_0-1$  e  $T_0$  mentre  $V(T_0-1)$  indica il vettore di moto sottoposto a prova. Nella parte in basso a sinistra della stessa figura 2 è rappresentata una maschera di adattamento presentante, ad esempio, un motivo di pixel trasparenti  
25 che definisce una generale conformazione a finestra (quattro rettangoli disposti ai vertici di un ideale rettangolo). Nella rappresentazione della maschera di adattamento (matching mask) M della figura 2 un pixel nero corrisponde evidentemente all'indicazione di "non utilizzare", mentre il pixel trasparente corrisponde  
30 all'indicazione di "utilizzare".

La figura 3 illustra poi l'operazione, svolta nel passo 104 del diagramma della figura 8, in cui la frame di ordine o rango  $T_0$  viene sovrapposta alla maschera di  
35 adattamento M sovrapponendo quindi la frame di rango

T<sub>0</sub>-1 con offset dato dal vettore di moto V(T<sub>0</sub>-1) e valutando infine nel passo 106 la funzione costo MAE sui pixel evidenziati dalla maschera, ossia - in modo più preciso - dei pixel trasparenti della maschera M stessa.

Le figure 4 a 6 illustrano altri esempi di maschere di matching utilizzabili con motivi di finestratura di varia natura.

E' peraltro evidente che tali esempi non sono in alcun modo esaustivi delle possibilità di impiego di maschere di adattamento di tipo diverso.

Nel caso specifico considerato, ossia di frame di 20x20 pixel, la funzione di costo MAE è definita nel modo seguente.

Indicati con:

- vx, vy le componenti orizzontali e verticali del vettore in esame,

- p(x,y) il pixel della frame T<sub>0</sub> per 0 ≤ x < 20 e 0 ≤ y < 20, e 0 altrimenti,

- q(x,y) il pixel della frame T<sub>0</sub>-1 per 0 ≤ x < 20 e 0 ≤ y < 20, e 0 altrimenti, e

- m(x,y) il coefficiente della maschera, con valore 1 se i pixel vanno compresi nel conto e 0 altrimenti

la funzione di costo MAE è definita nel modo seguente:

$$MAE = \sum |p(i,j) - q(i+vx, j+vy)| * m(i,j); \text{ con } i \text{ e } j \text{ che variano da } 0 \text{ a } 19.$$

Le operazioni descritte vengono ripetute in loop (riferimento 108) fino a quando tutti i vettori SEED sono stati testati.

A questo punto, come vettore migliore, vincente di questa prima fase di stima, viene scelto il vettore con valore minore della funzione di costo MAE.



Successivamente, a questo vettore vincitore si applicano vettori di affinamento, avviando una seconda fase di stima detta di affinamento (REFINE).

5 In questa fase, i suddetti vettori vengono sommati al vincitore della prima fase e il vettore risultante viene testato come candidato secondo le stesse modalità viste in precedenza per i vettori SEED.

10 Ciò avviene in un insieme di passi, indicati nel diagramma della figura 8 con i riferimenti 202 a 206 ed essenzialmente duali rispetto ai passi 102 a 106 descritti in precedenza, le stesse operazioni dei passi 102 a 106 essendo applicate in loop (riferimento 208) ai vettori testati sino a quando tutti questi sono stati testati.

15 I vettori di affinamento possono essere applicati in numero e direzione/modulo arbitrari, a seconda della precisione finale che si vuole ottenere e del costo dispositivo da realizzare.

20 Anche in questo caso il numero e l'identità dei vettori di affinamento possono variare dinamicamente in seguito alle condizioni operative.

Un esempio (non limitativo) è illustrato nella rappresentazione vettoriale della figura 7, riferita ad una griglia a quarto di pixel.

25 In tale figura il riferimento VW indica il vettore SEED vincitore, i riferimenti VR1 e VR2 indicano vari esempi di vettori di affinamento o refine, ed i riferimenti V1, V2, etc.. indicano vari vettori risultanti da testare.

30 Ciascuno dei vettori così ottenuti è sottoposto a test secondo la stessa modalità (funzione di costo MAE) esposta in precedenza. L'applicazione dei vettori di affinamento può essere attuata una o più volte. Ad esempio, si applica il passo di generazione dei vettori  
35 SEED, si applica l'operazione di affinamento al

vincitore della fase in questione, si riapplica una seconda fase di affinamento al vincitore del primo affinamento, ecc.

5 In un successivo passo indicato con 210 il candidato con valore minimo della funzione di costo fra tutti quelli testati (comprendendo fra questi anche il migliore vettore SEED) viene scelto come stima finale del moto intercorso fra il campionamento della frame  $T_{0-1}$  e  $T_0$ . Tale vettore viene dato in ingresso al  
10 sistema di visualizzazione del puntatore del personal computer PC.

Tale vettore viene anche memorizzato in una FIFO che conterra' gli ultimi K vincitori, che saranno I vettori di partenza con cui costruire le combinazioni  
15 lineari SEED da utilizzare al passo 102.

Il passo in cui il suddetto viene dato in ingresso al sistema di visualizzazione del puntatore del personal computer è indicato con 212 nel diagramma di flusso della figura 8. Il riferimento 214 indica come  
20 sempre il passo finale della relativa procedura.

All'interno della procedura descritta e della sua implementazione, tanto a livello hardware (ad esempio tramite un processore dedicato) quanto a livello software (tramite configurazione specifica di un  
25 processore di tipo general purpose, quale il PC a cui il mouse M è collegato, ovvero tramite un processore associato al mouse M, quale ad esempio un DSP) è possibile tenere memoria dell'ultima frame campionata (frame corrente) e di una o più frame precedenti da  
30 usarsi come frame di predizione.

Ancora una volta, a seconda delle condizioni operative, si può decidere di effettuare la stima della frame corrente solo sulla frame immediatamente precedente, su una più vecchia, o su più di una frame  
35 fra quelle precedenti.

In sostanza, rispetto alle soluzioni precedentemente proposte (soprattutto in funzione di applicazioni per la codifica di segnali video), la soluzione secondo l'invenzione si caratterizza per un  
5 diverso "punto di lavoro", caratterizzato da una risoluzione di frame relativamente bassa (20x20, ad esempio) controbilanciata da una frequenza di frame piuttosto elevata (ad esempio 9600 frame per secondo).

Invece di realizzare la stima del movimento di  
10 molti oggetti che si muovono di moto incorrelato nella frame, la soluzione secondo l'invenzione mira a realizzare la stima di un solo moto globale, attuando una singola stima per frame con zero vettori spaziali ed uno temporale. Questo mentre invece i sistemi di  
15 stima del moto per applicazioni video realizzano di solito molto stime di blocchi per ogni frame, con molti vettori temporali/spaziali a disposizione.

Ancora, mentre nelle soluzioni precedentemente note l'errore nella stima è in generale non critico (a  
20 parte per quanto riguarda l'apprezzamento da parte di chi osserva la sequenza di immagini) nelle applicazioni qui prospettate, l'errore nella stima risulta più critico. Questo in quanto, ad esempio, il mouse, così come percepito dal personal computer a cui lo stesso è  
25 collegato, può correre il rischio di essere rilevato come oggetto di spostamento in direzione diversa e con entità differente dal voluto.

La soluzione secondo l'invenzione consente inoltre di operare su blocchi a piacere, nell'ambito della  
30 frame (ad esempio 20x20) con una precisione non definita, con modi operativi distinti per moto nullo, lento e veloce.

Al contrario, le soluzioni tradizionali per applicazione video prevedono di solito di operare su  
35 (macro) blocchi con dimensioni fisse 16x16, con una

precisione massima pari a mezzo pixel, senza discriminazione per moti veloci o lenti.

Le soluzioni tradizionali non prevedono di solito una possibilità di saltare le singole frame (frame  
5 skipping), possibilità che è invece offerta dalla soluzione secondo l'invenzione dove è possibile skippare frame o fare operazioni di predizione multi-frame a piacere.

Ancora, le soluzioni tradizionali si  
10 caratterizzano per il fatto di impiegare un solo passo temporale/spaziale degli aggiornamenti, con l'utilizzazione di vettori temporali/spaziali "puri".

Al contrario, la soluzione secondo l'invenzione prevede una funzione di selezione di vettori SEED a  
15 passi multipli, con una successiva funzione di affinamento. Il tutto essendo basato sull'impiego di combinazioni lineari dei vettori temporali per ottenere i vettori SEED.

Naturalmente, fermo restando il principio  
20 dell'invenzione, i particolari di realizzazione e le forme di attuazione potranno essere ampiamente variati rispetto a quanto descritto ed illustrato, senza per questo uscire dall'ambito della presente invenzione, così come definita dalle rivendicazioni annesse.

### RIVENDICAZIONI

1. Procedimento per realizzare una stima di moto globale nell'ambito di una sequenza di immagini video successive, tali immagini video o similari successive  
5 essendo rappresentate da segnali digitali organizzati in frame, caratterizzato dal fatto che comprende, per ogni stima di una frame rispetto ad un'altra, le operazioni di:
- scegliere, nell'ambito di una serie di vettori  
10 (0 a N) provenienti da combinazioni lineari di vettori di moto risultanti da stime di frame precedenti e/o vettori costanti, almeno un vettore (VW) considerato migliore per la stima del moto intercorso fra le due frame, detta operazione di selezione comprendendo a sua  
15 volta le operazioni di:
    - realizzare una sovrapposizione (104) virtuale delle due frame da confrontare ( $T_0$ ,  $T_0-1$ ) sfalsate fra loro in orizzontale e verticale di quantità identificate dal vettore di moto sottoposto a prova,
    - 20 - applicare una maschera selettiva (M) di pixel da sottoporre a prova,
    - calcolare (106) su tutti (108) i pixel selezionati dalla griglia (M) una funzione di costo per determinare la bontà del predittore, identificando come  
25 vettore migliore ai fini della stima, quello con valore minore di detta funzione di costo.
2. Procedimento secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che i suddetti vettori di detta serie vengono scelti, per la stima del movimento  
30 della frame  $T_0$ , nell'insieme costituito dai seguenti vettori:
- vettore a velocità costante, ultimo:  $V(T_0-1)$ ,
  - vettore a velocità costante, penultimo:  $V(T_0-2)$ ,
  - vettore a velocità costante, terzultimo:  $V(T_0-$   
35 3),

- vettore ad accelerazione costante:  $V(T_0-1) + (V(T_0-1) - V(T_0-2))$ ,
  - vettore ad accelerazione opposta:  $V(T_0-1) - (V(T_0-1) - V(T_0-2))$ ,
  - 5        - vettore nullo: vettore  $(0,0)$ ,
  - vettore accelerazione circolare, primo:  $V(T_0-1) + \delta$ , dove  $\delta$  è un vettore di modulo unitario a direzione ortogonale a  $V(T_0-1)$ , e
  - vettore di accelerazione circolare, secondo:
  - 10       $V(T_0-1) - \delta$ .
3. Procedimento secondo la rivendicazione 1 o la rivendicazione 2, caratterizzato dal fatto che detto funzione di costo è una funzione di errore medio assoluto (MAE).
- 15      4. Procedimento secondo la rivendicazione 3, caratterizzato dal fatto che detta funzione di costo è definita nel modo seguente:
- $$MAE = \sum |p(i,j) - q(i+vx, j+vy)| * m(i,j)$$
- dove:
- 20        -  $vx, vy$  sono le componenti orizzontali e verticali del vettore in esame,
- $p(x,y)$  sono i pixel della frame  $T_0$  forzati a 0 se al di fuori del campo della frame,
- $q(x,y)$  sono i pixel della frame  $T_0-1$ , forzati a
- 25      zero se al di fuori del pixel, e
- $m(x,y)$  è il coefficiente della maschera (M) con valore pari ad 1 se il rispettivo pixel vanno compreso nel conto e pari a 0 altrimenti.
5. Procedimento secondo una qualsiasi delle
- 30      precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che comprende le operazioni di:
- applicare (110), a detto almeno un vettore vincitore (VW) di detta fase di selezione (102 a 108), vettori di affinamento (VR1, VR2) che vengono sommati a

detto vettore vincitore (VW) così da produrre almeno un vettore risultante (V1 a V5), e

- sottoporre detto vettore risultante (V1 a V5) a prova come candidato.

5           6. Procedimento secondo la rivendicazione 5, caratterizzato dal fatto che detto vettore risultante (V1 a V5) viene sottoposto a prova in funzione di detta funzione di costo.

10           7. Procedimento secondo la rivendicazione 5 o la rivendicazione 6, caratterizzato dal fatto che comprende l'operazione di applicare ripetutamente detti vettori di affinamento (VR1, VR2).

15           8. Procedimento secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che comprende l'operazione di memorizzare l'ultima frame campionata quale frame corrente, ed almeno una frame precedente da utilizzare come frame di predizione.

20           9. Procedimento secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che comprende le operazioni di effettuare la stima della frame corrente solo sulla frame immediatamente precedente.

25           10. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1 a 8, caratterizzato dal fatto che comprende l'operazione di effettuare la stima della frame corrente su una frame più vecchia rispetto alla frame immediatamente precedente.

30           11. Procedimento secondo la rivendicazione 10, caratterizzato dal fatto che comprende l'operazione di effettuare la stima della frame corrente su una pluralità di frame fra le frame che precedono detta frame corrente.

35           12. Sistema per realizzare una stima di moto globale nell'ambito di una sequenza di immagini video successive, tali immagini video successive essendo

rappresentate da segnali digitali organizzati in frame, caratterizzato dal fatto che comprende un processore (PC) configurato per realizzare, per ogni stima di una frame rispetto ad un'altra, le operazioni di:

- 5           - scegliere, nell'ambito di una serie di vettori (0 a N) provenienti da combinazioni lineari di vettori di moto risultanti da stime di frame precedenti e/o vettori costanti, almeno un vettore (VW) considerato migliore per la stima del moto intercorso fra le due  
10 frame, detta operazione di selezione comprendendo a sua volta le operazioni di:

- realizzare una sovrapposizione (104) virtuale delle due frame da confrontare ( $T_0$ ,  $T_0-1$ ) sfalsate fra loro in orizzontale e verticale di quantità  
15 identificate dal vettore di moto sottoposto a prova,

- applicare una maschera selettiva (M) di pixel da sottoporre a prova,  
          - calcolare (106) su tutti i pixel selezionati dalla griglia (M) una funzione di costo per determinare  
20 la bontà del predittore, identificando come vettore migliore ai fini della stima, quello con valore minore di detta funzione di costo.

13. Sistema secondo la rivendicazione 12, caratterizzato dal fatto che detto processore sceglie i  
25 suddetti vettori di detta serie, per la stima del movimento della frame  $T_0$ , nell'insieme costituito dai seguenti vettori:

- vettore a velocità costante, ultimo:  $V(T_0-1)$ ,  
          - vettore a velocità costante, penultimo:  $V(T_0-2)$ ,  
30           - vettore a velocità costante, terzultimo:  $V(T_0-3)$ ,  
          - vettore ad accelerazione costante:  $V(T_0-1) + (V(T_0-1) - V(T_0-2))$ ,  
          - vettore ad accelerazione opposta:  $V(T_0-1) -$   
35  $(V(T_0-1) - V(T_0-2))$ ,



- vettore nullo: vettore (0,0),
- vettore accelerazione circolare, primo:  $V(T_0-1) + \delta$ , dove  $\delta$  è un vettore di modulo unitario a direzione ortogonale a  $V(T_0-1)$ , e
- 5        - vettore di accelerazione circolare, secondo:  $V(T_0-1) - \delta$ .

14. Sistema secondo la rivendicazione 12 o la rivendicazione 13, caratterizzato dal fatto che detto processore adotta quale funzione di costo una funzione  
10 di errore medio assoluto (MAE).

15. Sistema secondo la rivendicazione 14, caratterizzato dal fatto che detta funzione di costo è definita nel modo seguente:

$$MAE = \sum |p(i,j) - q(i+vx, j+vy)| * m(i,j)$$

15        dove:

- $vx$ ,  $vy$  sono le componenti orizzontali e verticali del vettore in esame,
- $p(x,y)$  sono i pixel della frame  $T_0$  forzati a 0 se al di fuori del campo della frame,
- 20        -  $q(x,y)$  sono i pixel della frame  $T_0-1$ , forzati a zero se al di fuori del pixel, e
- $m(x,y)$  è il coefficiente della maschera (M) con valore pari ad 1 se il rispettivo pixel vanno compreso nel conto e pari a 0 altrimenti.

25        16. Sistema secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni 12 a 15, caratterizzato dal fatto che detto processore (PC) applica (110) a detto almeno un vettore (VW) vincitore di detta selezione (102 a 108), vettori di affinamento (VR1, VR2) che vengono sommati a  
30 detto vettore vincitore (VW) così da produrre almeno un vettore risultante (V1 a V5) e dal fatto che detto processore (PC) sottopone detto vettore risultante (V1 a V5) a prova come candidato.

35        17. Sistema secondo la rivendicazione 16, caratterizzato dal fatto che detto processore (PC)

sottopone detto almeno un vettore risultante (V1 a V5) a prova in funzione di detta funzione di costo.

18. Sistema secondo la rivendicazione 16 o la rivendicazione 17, caratterizzato dal fatto che detto  
5 processore (PC) applica ripetutamente detti vettori di affinamento (VR1, VR2).

19. Sistema secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni 12 a 18, caratterizzato dal fatto che detto processore (PC) memorizza l'ultima frame  
10 campionata quale frame corrente, ed almeno una frame precedente da utilizzare come frame di predizione.

20. Sistema secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni 12 a 19, caratterizzato dal fatto che detto processore (PC) effettua la stima della frame  
15 corrente solo sulla frame immediatamente precedente.

21. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 12 a 19, caratterizzato dal fatto che detto processore (PC) effettua la stima della frame  
20 corrente su una frame più vecchia rispetto alla frame immediatamente precedente.

22. Sistema secondo la rivendicazione 21, caratterizzato dal fatto che detto processore (PC) effettua la stima della frame corrente su una pluralità  
25 di frame fra le frame che precedono detta frame corrente.

23. Prodotto informatico direttamente caricabile nella memoria interna di un elaboratore digitale e comprendente porzioni di codice software suscettibili  
30 di attuare il procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1 a 11 quando detto prodotto informatico viene eseguito su un elaboratore digitale.

### RIASSUNTO

Un procedimento per realizzare una stima di moto globale nell'ambito di una sequenza di immagini video successive, quale quelle captate tramite un mouse ottico (M) di cui si vuole rilevare il movimento. Le immagini video successive sono rappresentate da segnali digitali organizzati in frame e per ogni stima di una frame rispetto ad un'altra, il procedimento prevede le operazioni di:

10        - scegliere, nell'ambito di una serie di vettori provenienti da combinazioni lineari di vettori di moto risultanti da stime di frame precedenti e/o vettori costanti, un vettore considerato migliore per la stima del moto intercorso fra le due frame, detta operazione

15        di selezione comprendendo a sua volta le operazioni di:

         - realizzare una sovrapposizione virtuale delle due frame da confrontare ( $T_0$ ,  $T_0-1$ ) sfalsate fra loro in orizzontale e verticale delle quantità identificate dal vettore di moto sottoposto a prova,

20        - applicare una griglia selettiva di pixel da sottoporre a prova,

         - calcolare su tutti i pixel selezionati dalla griglia una funzione di costo per determinare la bontà del predittore, identificando come vettore migliore ai

25        fini della stima, quello con valore minore di detta funzione di costo.

(Figura 1)

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

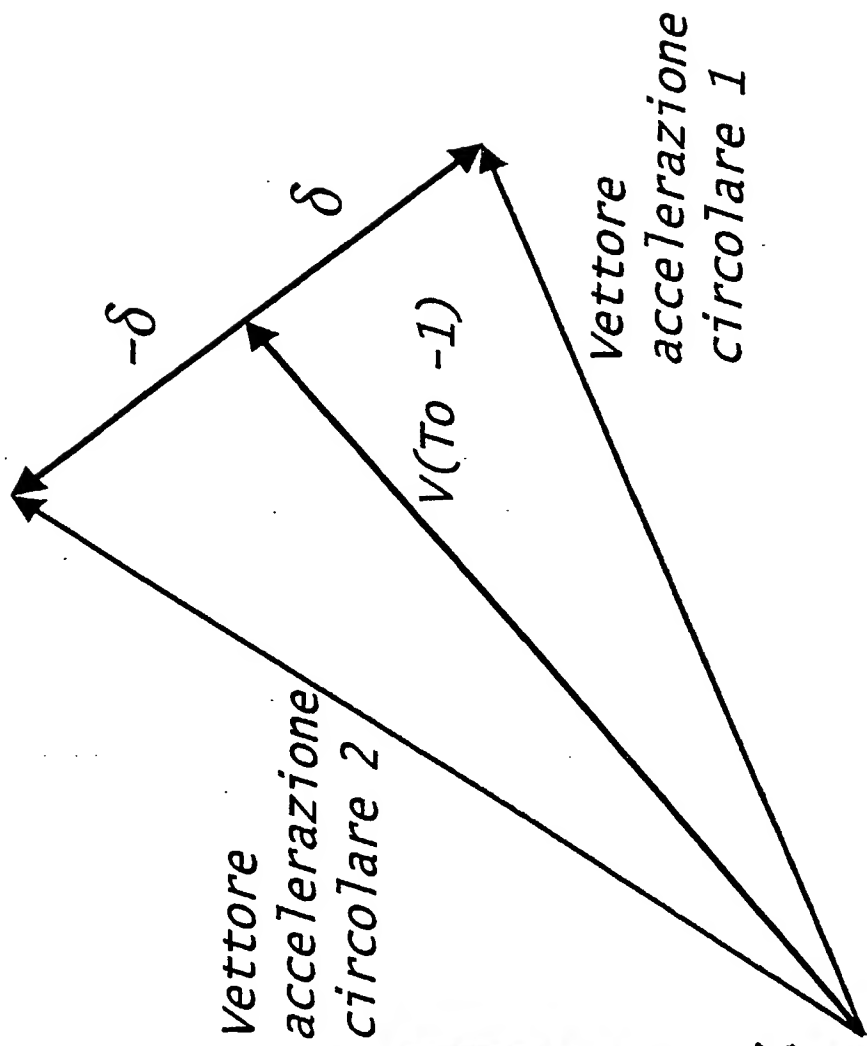
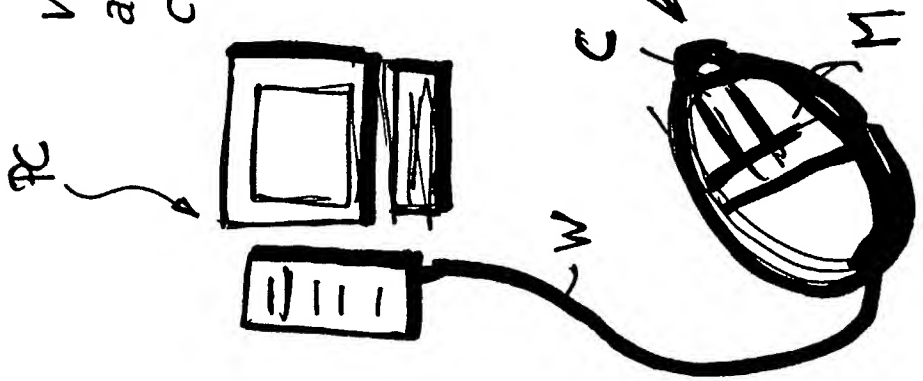


FIGURA 1



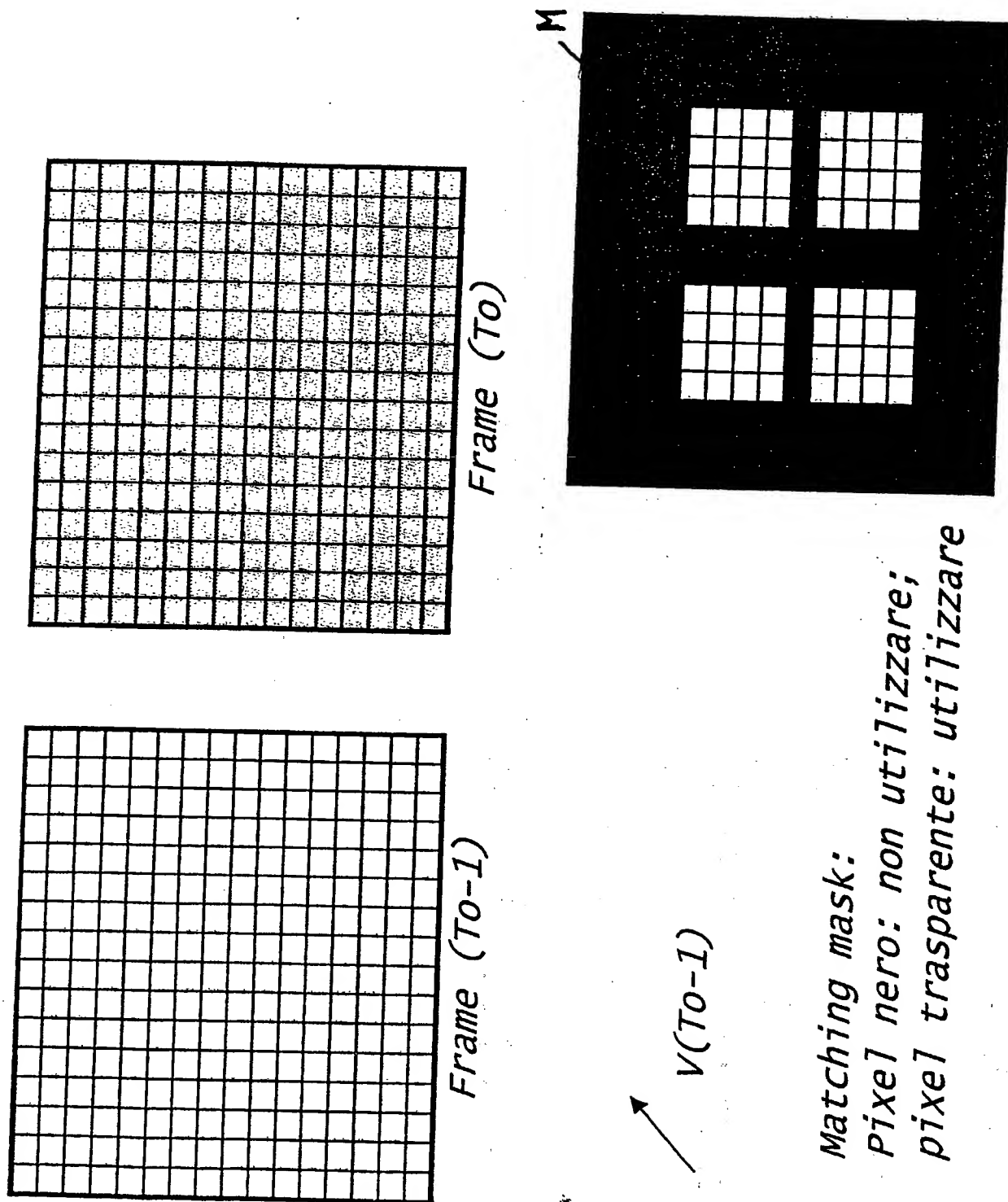
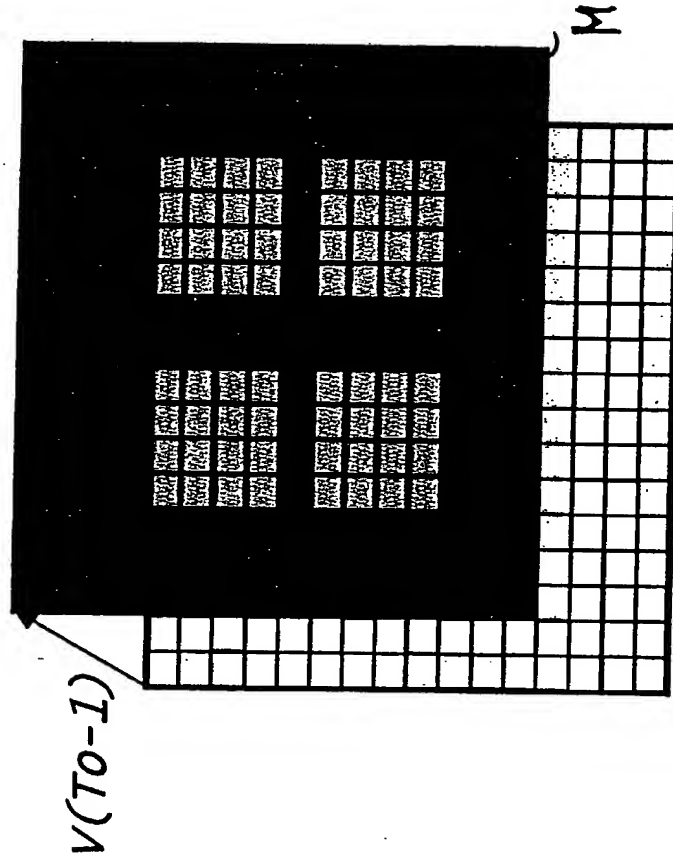


FIGURA 2



Sovrapporre la frame ( $To$ ) e la matching mask;  
 Sovrapporre la frame ( $To-1$ ) con offset dato dal vettore di moto  
 Valutare il MAE sui pixel evidenziati dalla maschera

FIGURA 3

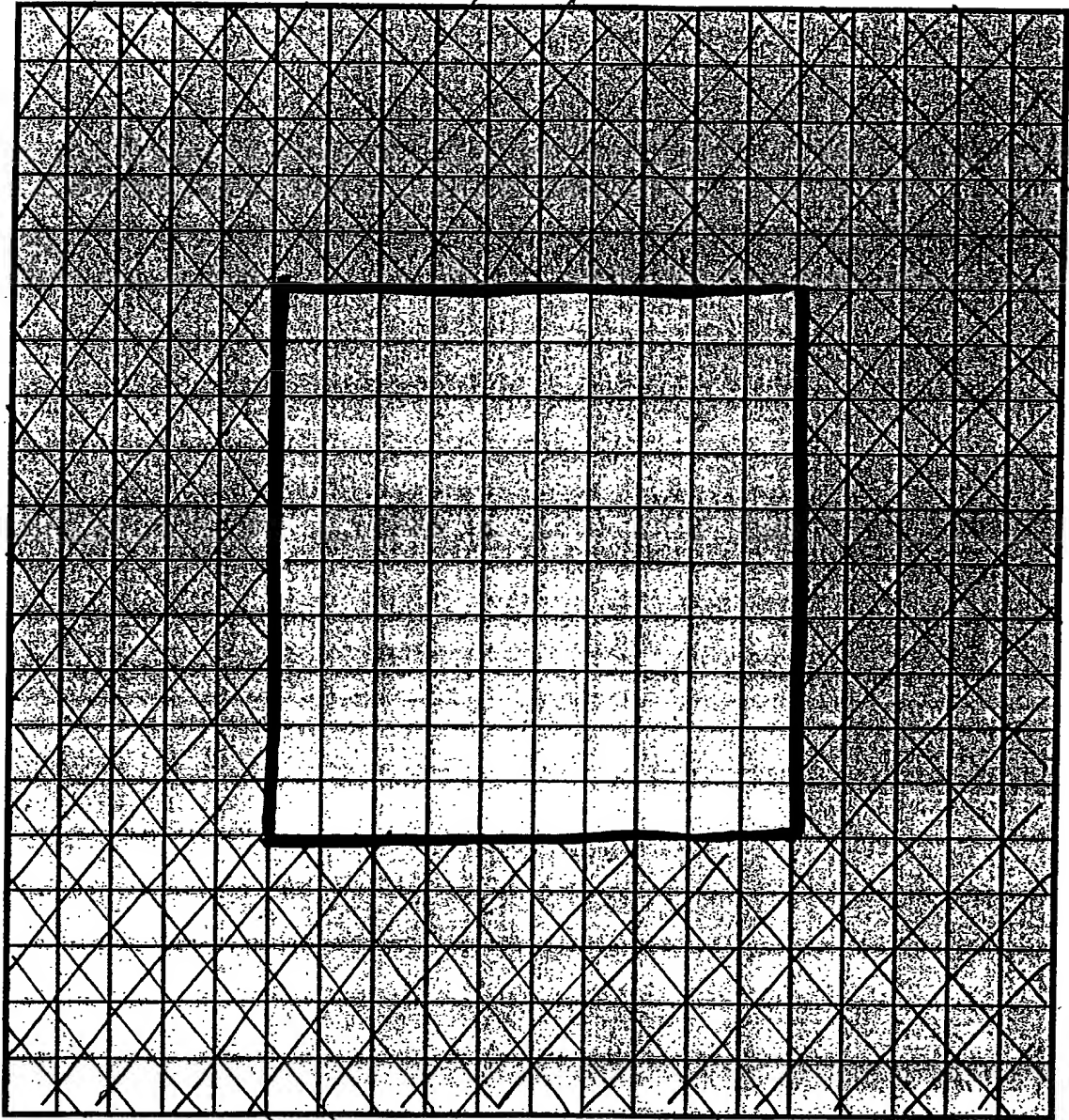


FIGURA 4



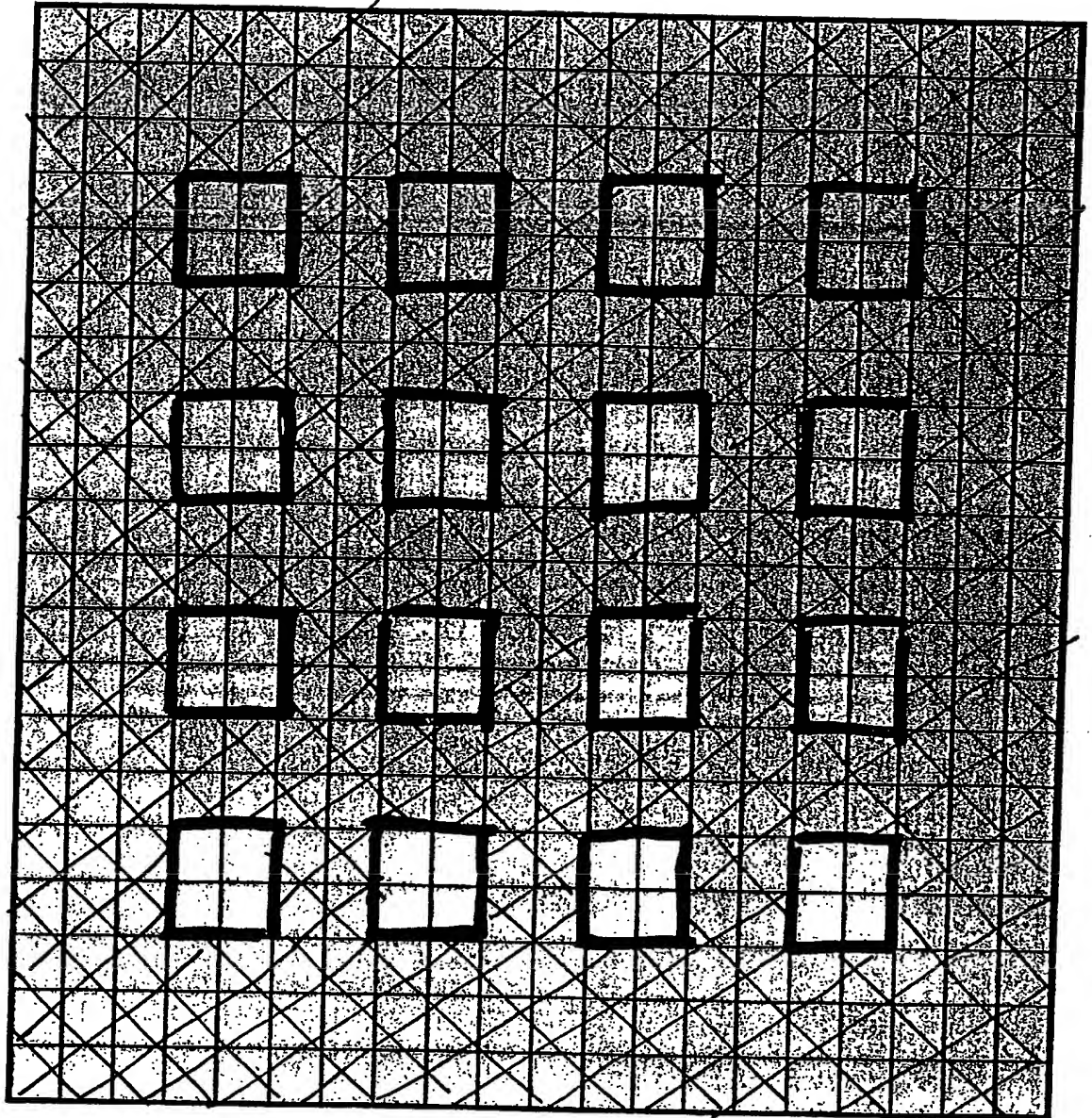


FIGURA 5

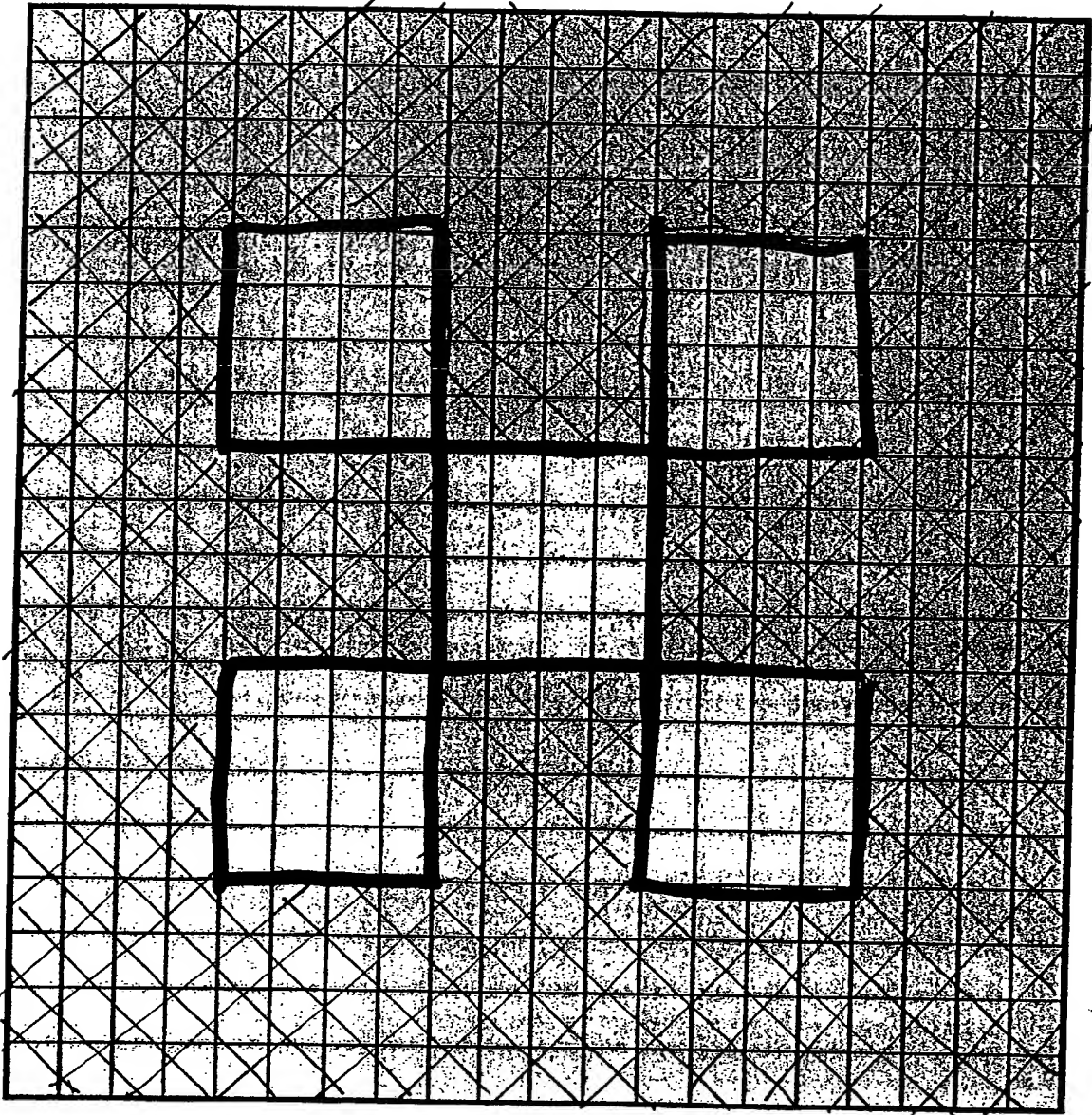


FIGURA 6

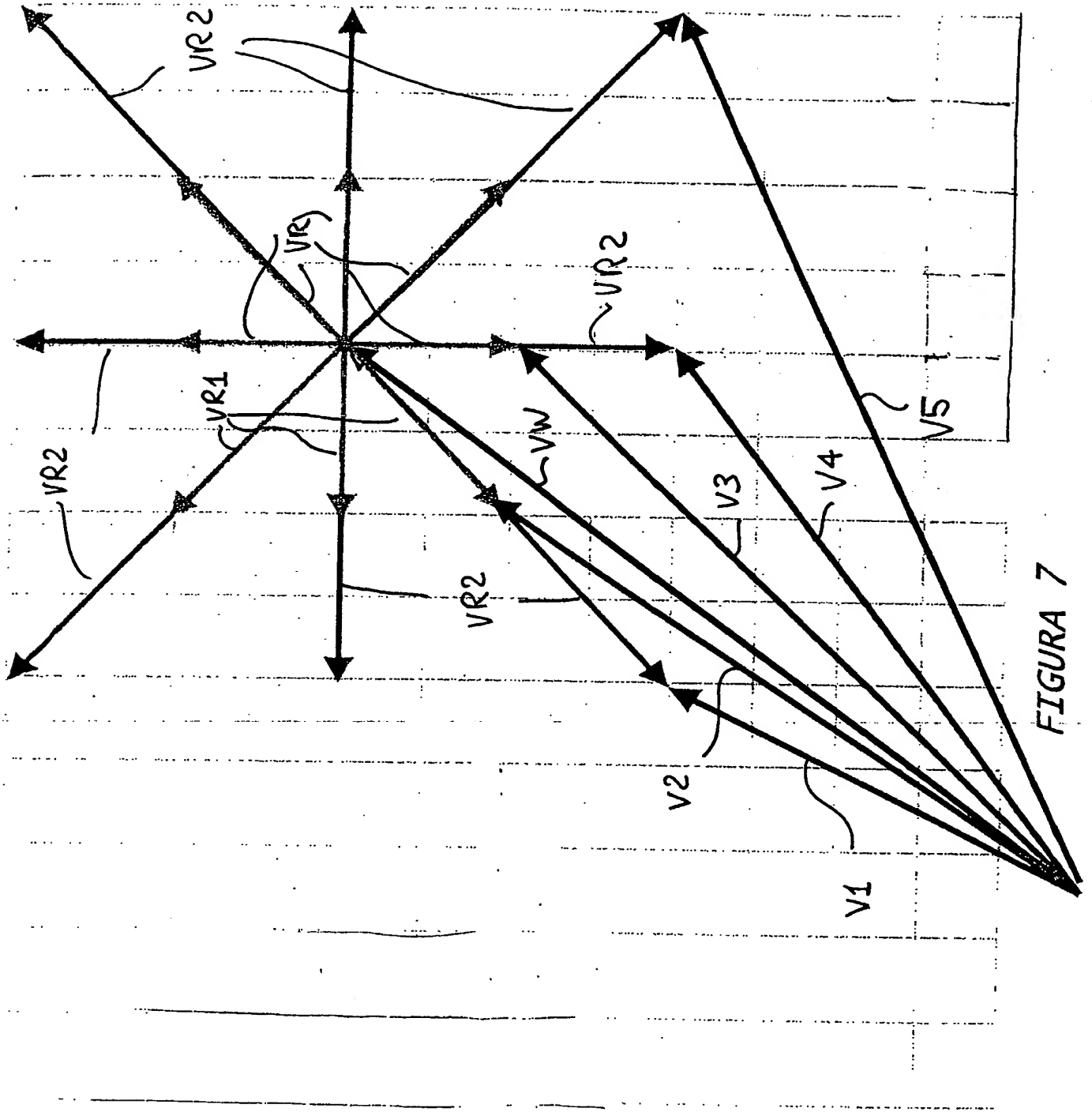


FIGURA 7

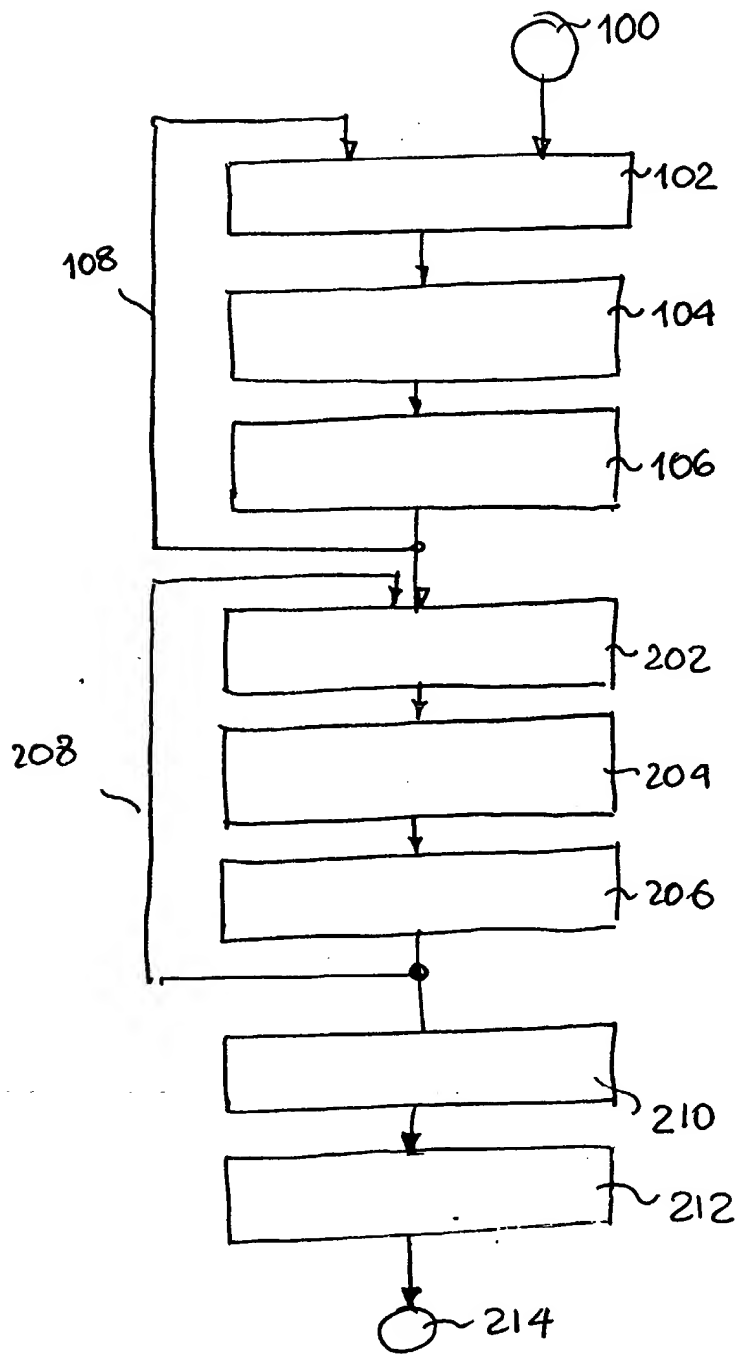


FIGURA 8